

ダイヤモンドは、電子デバイスに応用された場合、電力制御、高周波特性、紫外線発光などで優れた性能が期待されている。電子デバイスを構成するには、電荷状態の異なるp (positive) 型とn (negative) 型の結晶を合成することが必須である。ダイヤモンド半導体に関しては、p型半導体は合成可能であったが、実用的なn型半導体の合成が得られていなかった。

2005年5月9日、^(独)産業技術総合研究所は、マイクロ波プラズマ化学気相合成法によって世界で初めて実用的なn型のダイヤモンド半導体の合成に成功したと発表した。このダイヤモンド半導体を用いてp-n接合による紫外線発光素子を試作し、波長235nmの紫外線発光にも成功した。これまで原子レベルの平坦化が期待できる結晶面でのn型半導体膜の合成は極めて困難と考えられてきたことから、今回の成功はダイヤモンド半導体デバイス実用化への大きな前進と考えられる。この研究開発は、^(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構委託事業と^(独)科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業の支援を受けている。

トピックス 5 電子デバイスの新たな道を拓くn型ダイヤモンド半導体の合成

ダイヤモンドは弾性率や熱伝導率が大きいこと、広い光透過波長帯を持つこと、化学的に安定であること、絶縁耐圧が高いこと、またワイドギャップ半導体として電子デバイスに応用された場合、電力制御、高周波特性、紫外線発光などで優れた性能が期待できることなど数々の魅力的な性質を持っている。例えばパワー素子としてはその原理的な性能指数がシリコン半導体の15,000倍とも見積もられており、発光素子としては紫外線発光デバイスの実現も期待されている。

電子デバイスを構成するには、電荷状態の異なるp (positive) 型とn (negative) 型の結晶を合成することが必須である。p型ダイヤモンド半導体については、従来から結晶面の方位に制約されることなく合成が可能であった。一方、n型については、膜の平坦化が困難なため使いにくい(111)面の合成は可能であったが、より実用的な(001)面はリンなどの添加元素が入り込みにくいため、半導体化が不可能と考えられてきた。

このたび、^(独)産業技術総合研究所ダイヤモンド研究センターの山崎聡総括研究員らは、マイクロ波プラズマ化学気相合成法により、実用的な(001)面のn型ダイヤモンド半導体を合成することに世界で初めて成功した(2005年5月9日発表)。合成した膜は、ホール効果の温度変化の測定により、n型ダイヤモンド半導体であることが確認され、また、この技術を使って良好なP-N接合を形成し、波長235nmの紫外線発光にも成功した。

ダイヤモンド膜の合成は、結晶品質がシリコン半導体と同程度であること、表面が原子レベルで平坦であること、リンなどのドーピング原子が均一に入り込んでいること、などの条件が同時に満たさなければならない。今回の(001)面のn型半導体合成は、①リン原子の取り込みは合成速度に強く依存し、合成速度を速めることで取り込み率を上げることができ、②リン原子の不活性化をもたらし合成時の表面欠陥は合成速度が速まると増加する傾向にあること、等を考慮し、かつ、③合成時の気相中のリン濃度を極めて高くすることにより成功した。

今回合成したダイヤモンド膜では、まだ、結晶欠陥やリン以外の不純物の混入などによるリン原子の不活性化が起こっていると考えられ、今後の課題としては、これらを改善し、さらにキャリア濃度、移動度を向上させ、性能を高めていくことが必要である。

この研究開発は、^(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構委託事業ナノテクノロジープログラム／次世代情報通信システム用ナノデバイス・材料技術「ダイヤモンド極限機能プロジェクト(平成15～17年度)」、^(独)科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(CRESTタイプ)「新しい物理現象や動作原理に基づくナノデバイス・システムの創製／高密度励起子状態を利用したダイヤモンド紫外線ナノデバイスの開発(平成13～18年度)」の支援を受けて行なわれたものである。